

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

# DIPLOMOVÁ PRÁCE

## Souhrnná zpráva

Studie stožárů zatížených námrazou

Study of masts loaded by icing

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Zaměření: Inženýrské konstrukce

K134 – Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Vedoucí práce: Prof. Ing. Josef Macháček, DrSc.

Bc. Ondřej Hruška

Praha 2019

## Obsah

Cíl práce: .....	4
Lokalita: .....	4
Zatížení: .....	5
1) Proměnné zatížení – klimatické vlivy: .....	5
• Zatížení námrazou: .....	5
• Zatížení větrem: .....	6
• Zatížení sněhem: .....	7
• Zatížení teplotou: .....	7
2) Stálé zatížení: .....	8
3) Dílčí součinitele zatížení: .....	8
Popis konstrukce: .....	9
1) Konstrukční řešení: .....	9
2) Materiál: .....	9
3) Ochrana proti korozi: .....	9
Kombinační metody: .....	10
Posouzení stožáru a srovnání kombinačních metod .....	13
Schéma konstrukce: .....	13
1) Pouze vítr: .....	14
• Průběh ohybového momentu [kNm]: .....	14
• Pootočení ve vrcholu [°]: .....	15
2) Dominantní vítr + příslušná námraza: .....	16
• Průběh ohybového momentu [kNm]: .....	16
• Pootočení ve vrcholu [°]: .....	17
3) Dominantní námraza + příslušný vítr: .....	18
• Průběh ohybového momentu [kNm]: .....	18
• Pootočení ve vrcholu [°]: .....	19
4) Souhrnná tabulka .....	20
Konstrukce s upravenými rozměry základny: .....	21
Schémata konstrukcí: .....	21
1) Pouze vítr: .....	22
• Průběh ohybového momentu [kNm]: .....	22

• Pootočení ve vrcholu [°]: .....	23
2) Dominantní vítr + příslušná námraza: .....	24
• Průběh ohybového momentu [kNm]: .....	24
• Pootočení ve vrcholu [°]: .....	25
3) Dominantní námraza + příslušný vítr: .....	26
• Průběh ohybového momentu [kNm]: .....	26
• Pootočení ve vrcholu [°]: .....	27
4) Souhrnná tabulka .....	28
Závěr: .....	29
Shrnutí výsledků: .....	30
Literatura použita pro zpracování diplomové práce: .....	32
Použitý software pro zpracování diplomové práce: .....	32

## Cíl práce:

Cílem mé diplomové práce je srovnání vícero pohledů na zatížení větrem a námrazou na telekomunikačním stožáru.

V současné době se pro návrh stožárů používá norma ČSN EN 1993-3-1 (73 1431) – Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 3-1: Stožáry a komíny – Stožáry, ve které je mimo jiné obsažena část věnovaná zatížení kombinací námrazy a větru (Příloha C). Zároveň však platí ČSN ISO 12494 (73 0035) – Zatížení konstrukcí námrazou a ČSN 73 0034 (730034) - Doplnující pokyny k zatížení konstrukcí námrazou, které vyšly v prosinci 2018. Do té doby platila verze z dubna 2010.

Kombinační součinitele pro zatížení námrazou a větrem jsou v každé ze zmíněných norem rozdílné a mají tedy vliv na dimenze nosných prvků stožáru, a tudíž i na ekonomičnost celé stavby. Cílem mé diplomové práce je zmíněné metody porovnat z hlediska ekonomického dopadu.

## Lokalita:

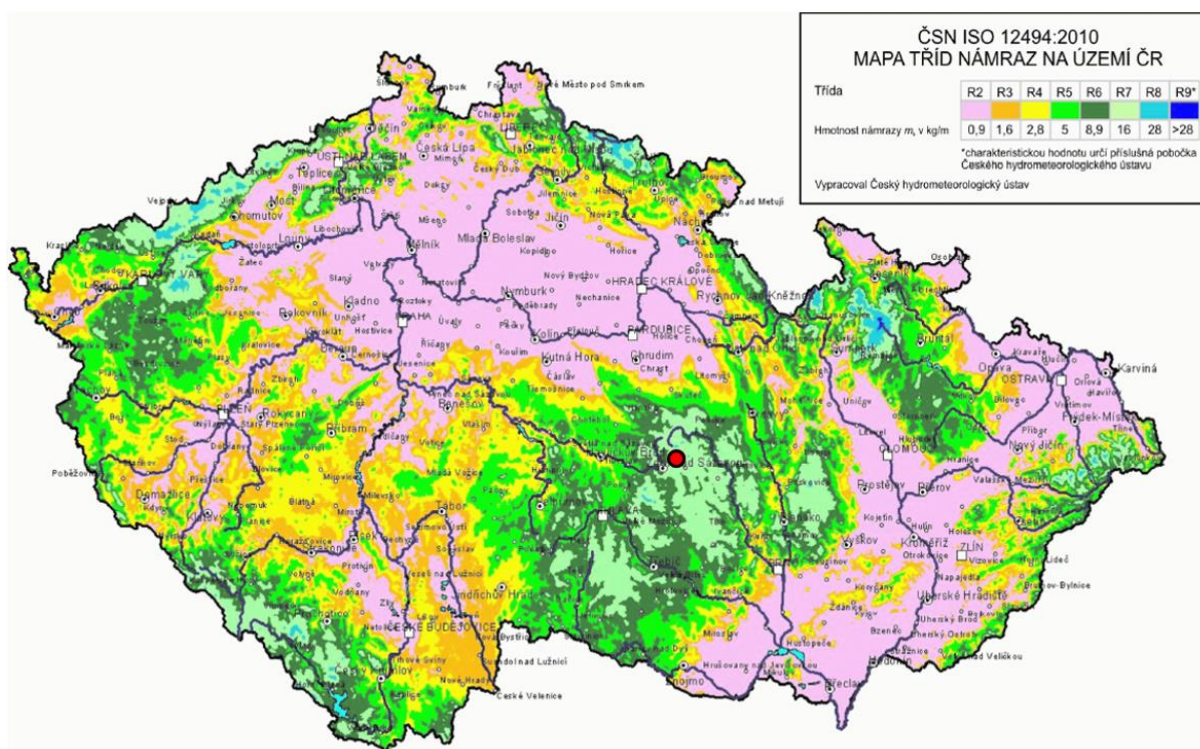
Lokalita umístění stožáru nebyla v zadání diplomové práce stanovena. S ohledem na téma byla zvoleno území s vysokým vlivem zatížení námrazou. V mé práci se jedná o okolí Žďáru nad Sázavou.

## Zatížení:

### 1) Proměnné zatížení – klimatické vlivy:

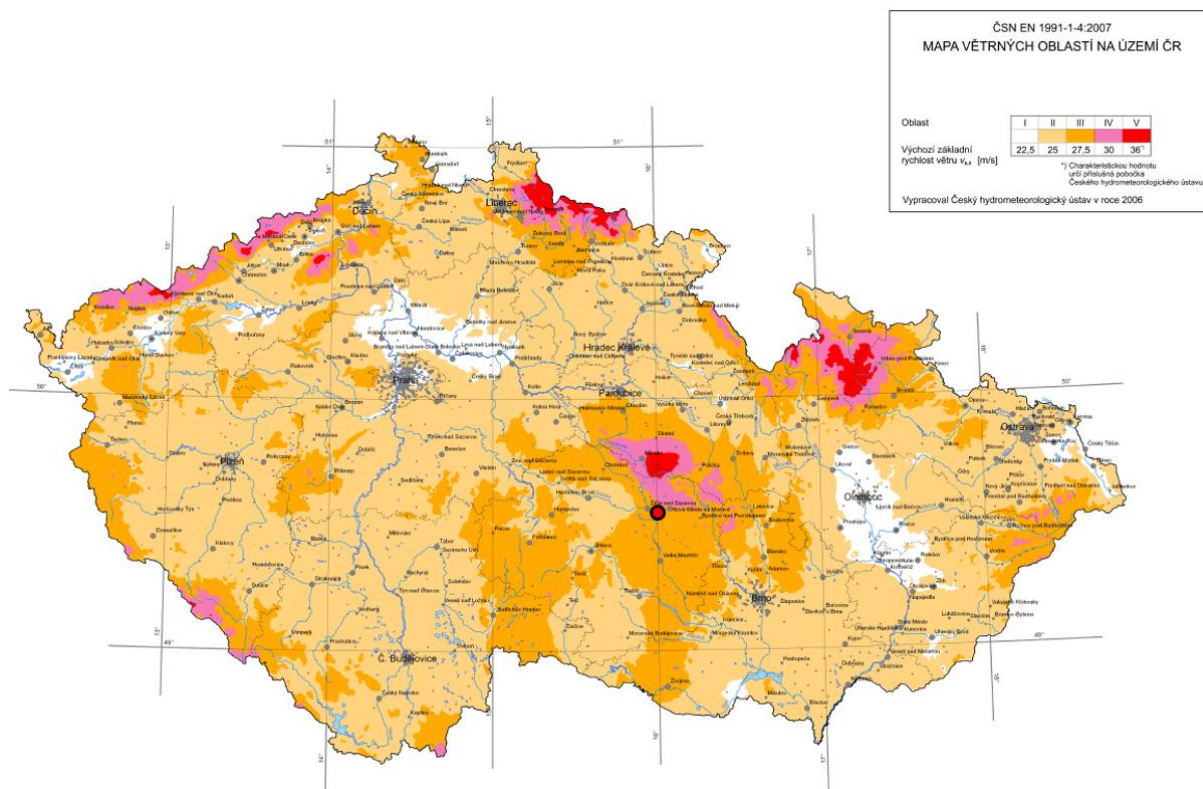
- *Zatížení námrazou:*

Pro určení třídy námrazy slouží referenční kolektor o průměru 30 mm a délce alespoň 500 mm, který je umístěn ve výšce 10 metrů na terénu, na kterém je po čase zkoumána hmotnost námrazy. Dle Českého hydrometeorologického ústavu vzniká v okolí Žďáru nad Sázavou až 16 kg námrazy na metr, což odpovídá třídě R7. Tato lokalita tedy představuje jedno z nejkritičtějších míst v ČR. (Jako třída R8 byla označena pouze část území v oblasti Hrubého Jeseníku a Krušných hor). Pokrytí území České republiky různými třídami námraz je znázorněn na následující mapě.



- *Zatížení větrem:*

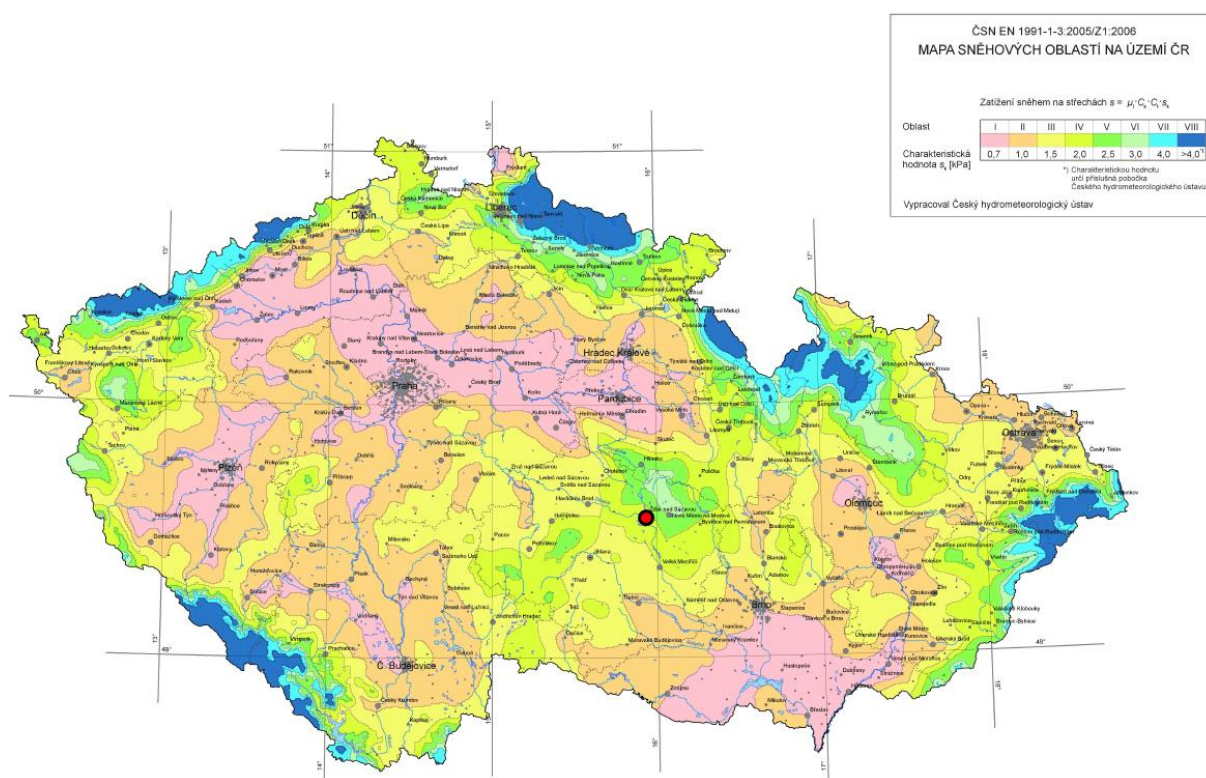
Větrná oblast ve Žďáru nad Sázavou je označená III. třídou, základní rychlost větru je tedy uvažována jako 27,5 m/s. Stožár je umístěn do oblasti s nízkou vegetací a izolovanými překážkami jako jsou stromy či budovy, které jsou vzdáleny minimálně 20-ti násobek výšky stožáru, což odpovídá kategorii terénu II. Mapu větrných oblastí lze vidět na následujícím obrázku.





- *Zatížení sněhem:*

Zatížení sněhem nebývá pro stožáry nutně rozhodující, ale pro kompletnost vlivu klimatických podmínek je v diplomové práci rovněž uvažováno. Zatížení sněhem je v této lokalitě stanoveno jako  $2 \text{ kN/m}^2$ , spadá tedy pod sněhovou oblast IV. Sněhovou mapu České republiky vidíme opět na obrázku níže.



- *Zatížení teplotou:*

Vzhledem k vysoké tepelné vodivosti oceli a relativně malými rozměry konstrukce není ve výpočtu zohledněno zatížení ohřátím konstrukce od slunce. Tento vliv je vnímán jako zanedbatelný.

## 2) Stálé zatížení:

Do stálého zatížení je započítána vlastní tíha stožáru včetně přidaného materiálu pro stykování, antény a okruží na kterých jsou antény připojeny, žebřík a kabelová lávka.

## 3) Dílčí součinitele zatížení:

Každý stožár je podle ČSN EN 1993-3-1 roztržěn do třech možných tříd spolehlivosti. Pro každou z těchto tříd jsou stanoveny různé dílčí součinitele zatížení. Toto rozhodnutí může razantně ovlivnit výsledky statického výpočtu. V případě této práce je stožár zatříděn do 1. třídy spolehlivosti, neboť se nachází v dostatečné vzdálenosti od lidských obydlí a při zřícení tedy pravděpodobně nedojde k žádnému zranění. Třídy spolehlivosti jsou popsány v následující tabulce.

Třída spolehlivosti	
3	Stožáry postavené v hustě obydlených územích nebo kde jejich zřícení pravděpodobně způsobí zranění nebo ztrátu lidských životů; stožáry pro důležitá telekomunikační zařízení; jiné významné konstrukce, kde jsou negativní důsledky zřícení pravděpodobně velmi vysoké.
2	Všechny stožáry, které nemohou být definovány jako třída 1 nebo jako třída 3.
1	Stožáry postavené na neobydlených místech v otevřené krajině; stožáry, jejichž zřícení pravděpodobně nezpůsobí zranění lidí.

Jak již bylo zmíněno, pro každou z těchto kategorií jsou v normě stanoveny různé dílčí součinitele zatížení. Součinitele třídy 3 nebývají nejvyšších hodnot, proto je tato třída pro návrh stožáru nejpřísnější. Naopak třída 1 má tyto součinitele nejnižší.  $\gamma_G$  je v tomto případě 1,0 tudíž charakteristická hodnota stálého zatížení se rovná hodnotě návrhové. Pro proměnné zatížení je  $\gamma_Q$  roven hodnotě 1,2. Příznivé proměnné zatížení v našem případě nenastane. Souhrn dílčích součinitelů spolehlivosti můžeme vidět v tabulce níže.

Typ účinku	Třída spolehlivosti, viz Poznámka k 2.1.2	Stálá zatížení	Proměnná zatížení ( $Q_s$ )
Nepříznivý	3	1,2	1,6
	2	1,1	1,4
	1	1,0	1,2
Příznivý	všechny třídy	1,0	0,0
Mimořádná situace		1,0	1,0



## Popis konstrukce:

### 1) Konstrukční řešení:

Stožár je vysoký 45 m a je rozdělen na 8 dílů. Do výšky 40 m je stožár kónický s konstantním sklonem. Průměr v základně činí 1400 mm a ve výšce 40 m je 800 mm. První dva kónické díly od základny mají výšku 5 m na které navazuje pět dílů o výškách 6 m. Poslední díl má po své výšce 5 m konstantní průměr 450 mm. Tato část slouží pro připevnění antén. Tloušťka stěny stožáru je proměnná. Ve spodní části má stožár tloušťku stěny 20 mm až do výšky 10 metrů. Následně až do výšky 22 metrů je stěna tlustá 18 mm. Následující díl o délce 6 metrů má tloušťku 16 mm. Zbytek kónické části stožáru má tloušťku stěny 14 mm. Poslední díl o konstantním průměru má tloušťku 10 mm.

Jednotlivé díly stožáru jsou stykovány přes příruby po vnějším obvodu roury. Jako spojovací prostředek jsou použity vysokopevnostní předpjaté šrouby třídy 8.8. Každá z těchto přírub je po obvodu rovněž vybavena výztuhami, které jsou umístěny vždy mezi dvojicí šroubů.

### 2) Materiál:

Vzhledem k rozhodujícím deformacím na vrcholu stožáru byla zvolena ocel třídy S235 tvářené za studena. Použití oceli vyšších tříd nemá pro svůj stejný modul pružnosti význam, deformace na konstrukci by byly totožné.

### 3) Ochrana proti korozi:

Jednotlivé montážní díly konstrukce byly navrženy tak, aby mohly být s přehledem žárově pozinkovány ponorem. Tento fakt ovlivňuje drsnost povrchu a je zohledněn ve výpočtu.

## Kombinační metody:

Cílem mé práce bylo srovnání zatěžovacích kombinací definovaných ve třech různých českých normách. Jednalo se o současné zatížení konstrukce větrem a námrazou. Každá z těchto norem používá pro své kombinace rozdílné redukční součinitele pro pravděpodobnost současného výskytu těchto dvou klimatických vlivů. Jedná se o součinitele  $\psi_{0,w}$ , respektive  $\psi_w$ , který redukuje zatížení větrem a  $\psi_{0,ice}$  a, respektive  $\psi_{ice}$ , který redukuje zatížení námrazou. V těchto kombinačních výrazech se dále vyskytuje součinitel pro snížení tlaku  $k$ , který roste s třídou námrazy v dané oblasti. Pro případ této práce, tedy třídy R7, je  $k=0,80$ . Součinitel  $k$  pro ostatní třídy můžeme vidět v tabulce níže.

ICR	$k$
R1	0,40
R2	0,45
R3	0,50
R4	0,55
R5	0,60
R6	0,70
R7	0,80
R8	0,90
R9	1,00

V ČSN ISO 12494 – Zatížení konstrukcí námrazou z roku 2018 a ve verzi z roku 2010 se navíc vyskytuje součinitel  $\xi$ , který v daných kombinacích redukuje všechno stálé nepříznivé zatížení. Jeho hodnota je definována v ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí jako  $\xi=0,85$ . Dílčí součinitele  $\gamma_G=1,0$  a  $\gamma_Q=1,2$  jsou totožné pro všechny tři porovnávané normy.

ČSN EN 1993-3-1 (73 1431) – Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 3-1: Stožáry a komíny – Stožáry (Září 2008):

První normou, která podlehlá srovnání je ČSN EN 1993-3-1 (73 1431) – Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 3-1: Stožáry a komíny – Stožáry. V této normě jsou definovány pouze dva výrazy pro současné působení větru a námrazy. Pro dominantní námrazu a příslušný vítr se má použít kombinace:

$$\gamma_G G_k + \gamma_{ice} Q_{k,ice} + \gamma_w k \Psi_w Q_{k,w}$$

Pro dominantní vítr a příslušnou námrazu se má použít kombinace:

$$\gamma_G G_k + \gamma_w k Q_{k,w} + \gamma_{ice} \Psi_{ice} Q_{k,ice}$$

Národní příloha této normy obsahuje informace o součinitelích kombinace. Doporučené hodnoty pro ČR jsou  $\Psi_w = 0,5$  a  $\Psi_{ice} = 0$ .

ČSN ISO 12494 (73 0035) – Zatížení konstrukcí námrazou (Duben 2010):

Norma, která platila až do konce listopadu roku 2018 doporučuje použití šesti kombinací.

Tyto kombinace jsou shrnuty v tabulce níže.

Trvalé a dočasné návrhové situace	Označení kombinace	Stálá zatížení		Hlavní proměnné zatížení	Vedlejší proměnné zatížení	
		nepříznivá	příznivá		nejúčinnější	ostatní (pokud se vyskytuje)
Výraz (6.10a)	vítr	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$		$\gamma_w \Psi_{0,w} Q_{k,w}$	$\gamma_{ice} \Psi_{0,ice}^* Q_{k,ice}$
Výraz (6.10b)		$\xi \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{0,w} Q_{k,w}$		$\gamma_{ice} \Psi_{0,ice}^* Q_{k,ice}$
Výraz (6.10a)	námraza	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$		$\gamma_w \Psi_{0,ice}^* Q_{k,ice}$	$\gamma_w \Psi_{0,w} Q_{k,w}$
Výraz (6.10b)		$\xi \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{0,ice} Q_{k,ice}$		$\gamma_w \Psi_{0,w} Q_{k,w}$
Výraz (6.10)	vítr	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{0,w} Q_{k,w}$		$\gamma_{ice} \Psi_{0,ice}^* Q_{k,ice}$
Výraz (6.10)	námraza	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{0,ice} Q_{k,ice}$		$\gamma_w \Psi_{0,w} Q_{k,w}$

Tato norma používá pro redukci vlivu námrazy součinitel  $\Psi_{0,ice}^* = k \Psi_{0,ice}$ , kde je  $\Psi_{0,ice} = 0,5$  a součinitel  $k = 0,8$  (dle třídy námrazy). Pro náš případ tedy platí  $\Psi_{0,ice}^* = 0,8 * 0,5 = 0,4$ . Redukce vlivu větru je definována jako  $\Psi_{0,w} = k$ . V našem případě tedy  $\Psi_{0,w} = 0,8$ .

ČSN ISO 12494 (73 0034) – Zatížení konstrukcí námrazou a Doplňující pokyny k zatížení konstrukcí námrazou (Prosinec 2018):

Nové vydání této normy obsahuje rovněž šest kombinačních výrazů. Jejich podoba se však liší, jak je vidět v následující tabulce.

Trvalé a dočasné návrhové situace	Označení kombinace	Stálá zatížení nepříznivá příznivá		Hlavní proměnné zatížení	Vedlejší proměnné zatížení nejúčinnější ostatní (pokud se vyskytuje)	
		$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$		$\gamma_w k \psi_{0,w} Q_{k,w}$	$\gamma_{ice} \psi_{0,ice} Q_{k,ice}$
Výraz (6.10a)	vítr	$\xi \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{0,w} k Q_{k,w}$		$\gamma_{ice} \psi_{0,ice} Q_{k,ice}$
Výraz (6.10b)		$\xi \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{0,w} k Q_{k,w}$		$\gamma_{ice} \psi_{0,ice} Q_{k,ice}$
Výraz (6.10a)	námraza	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$		$\gamma_w \psi_{0,ice} Q_{k,ice}$	$\gamma_w k \psi_{0,w} Q_{k,w}$
Výraz (6.10b)		$\xi \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{0,ice} Q_{k,ice}$		$\gamma_w k \psi_{0,w} Q_{k,w}$
Výraz (6.10)	vítr	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{0,w} k Q_{k,w}$		$\gamma_w \psi_{0,ice} Q_{k,ice}$
Výraz (6.10)	námraza	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{0,ice} Q_{k,ice}$		$\gamma_w k \psi_{0,w} Q_{k,w}$

Součinitel  $\psi_{0,w}$  je uveden v ČSN EN 1990 a jeho hodnota je  $\psi_{0,w} = 0,6$ . Námraza se v kombinaci s větrem má v tomto případě redukovat součinitelem  $\psi_{0,ice} = 0,5$ .

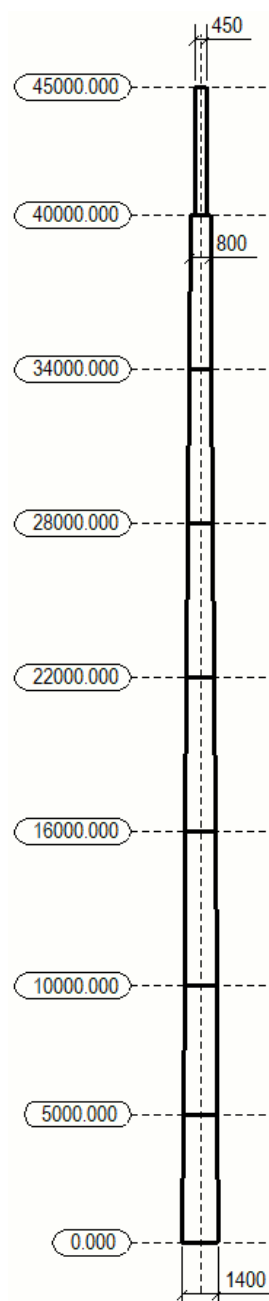
## Posouzení stožáru a srovnání kombinačních metod

Stožár byl dimenzován tak, aby vyhověl zatížení větrem a kombinací námrazy a větru podle ČSN EN 1993-3-1. Limitujícím faktorem bylo natočení ve vrcholu stožáru. Z provozuschopných důvodů mělo toto natočení nabývat hodnoty maximálně 1°. Mezní stav únosnosti nebyl pro tuto konstrukci rozhodující.

Stožár, který tomuto kritériu podle ČSN EN 1993-3-1 vyhoví má rozměry:

Kónická část: Průměr roury	v 0,0 m:	1400	mm
	v 40,0 m:	800	mm
Prizmatická část: Průměr roury v 40,0 – 45,0 m:		450	mm

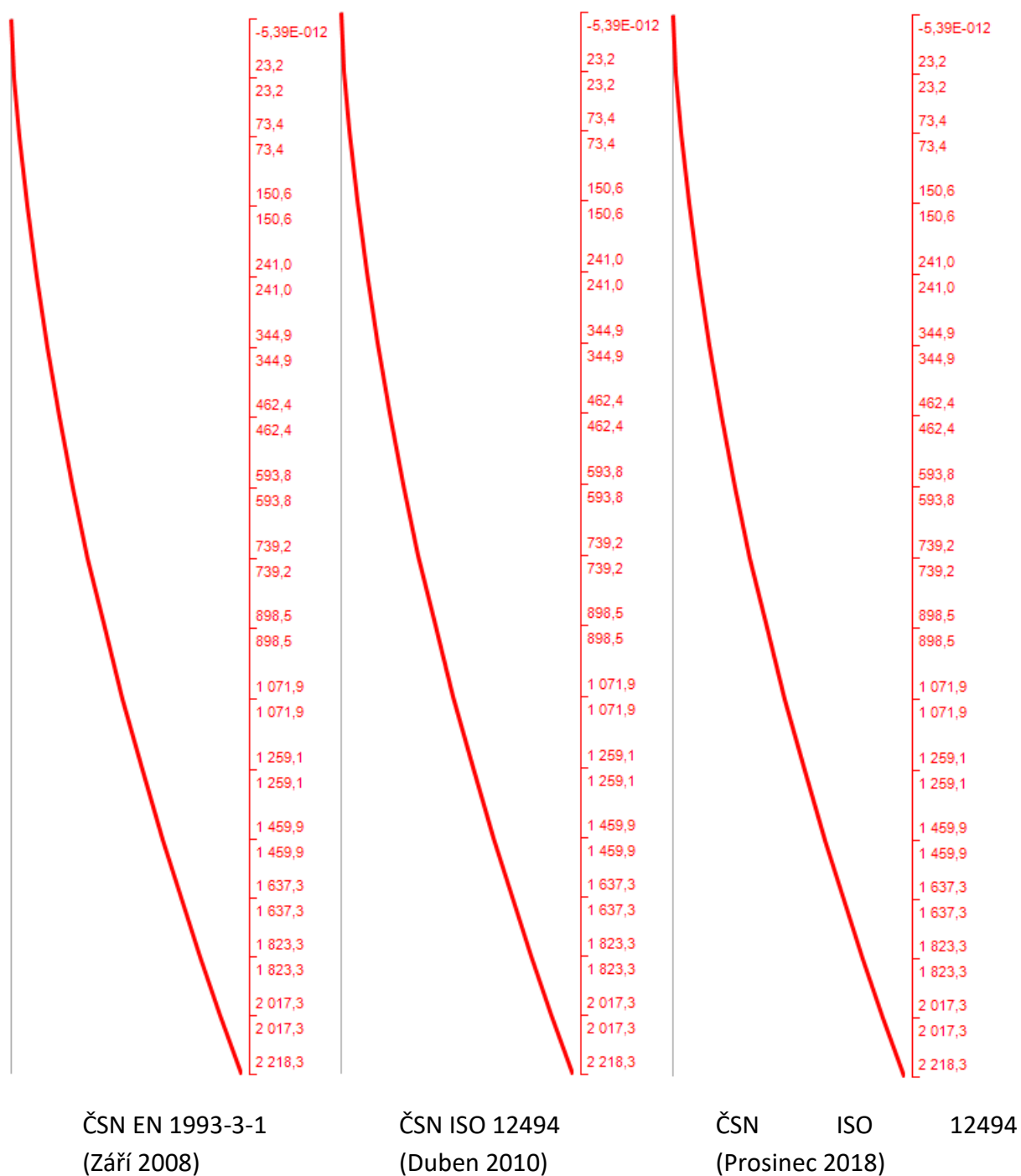
Schéma konstrukce:



Se stejnými rozměrovými parametry byl následně stožár vyhodnocen i podle ČSN ISO 12494 (Duben 2010) a ČSN ISO 12494 (Prosinec 2018). Na následujících grafech vidíme průběh ohybového momentu a natočení ve vrcholu stožáru. Jak můžeme vidět, každá z kombinačních metod vykazuje jiné výsledky.

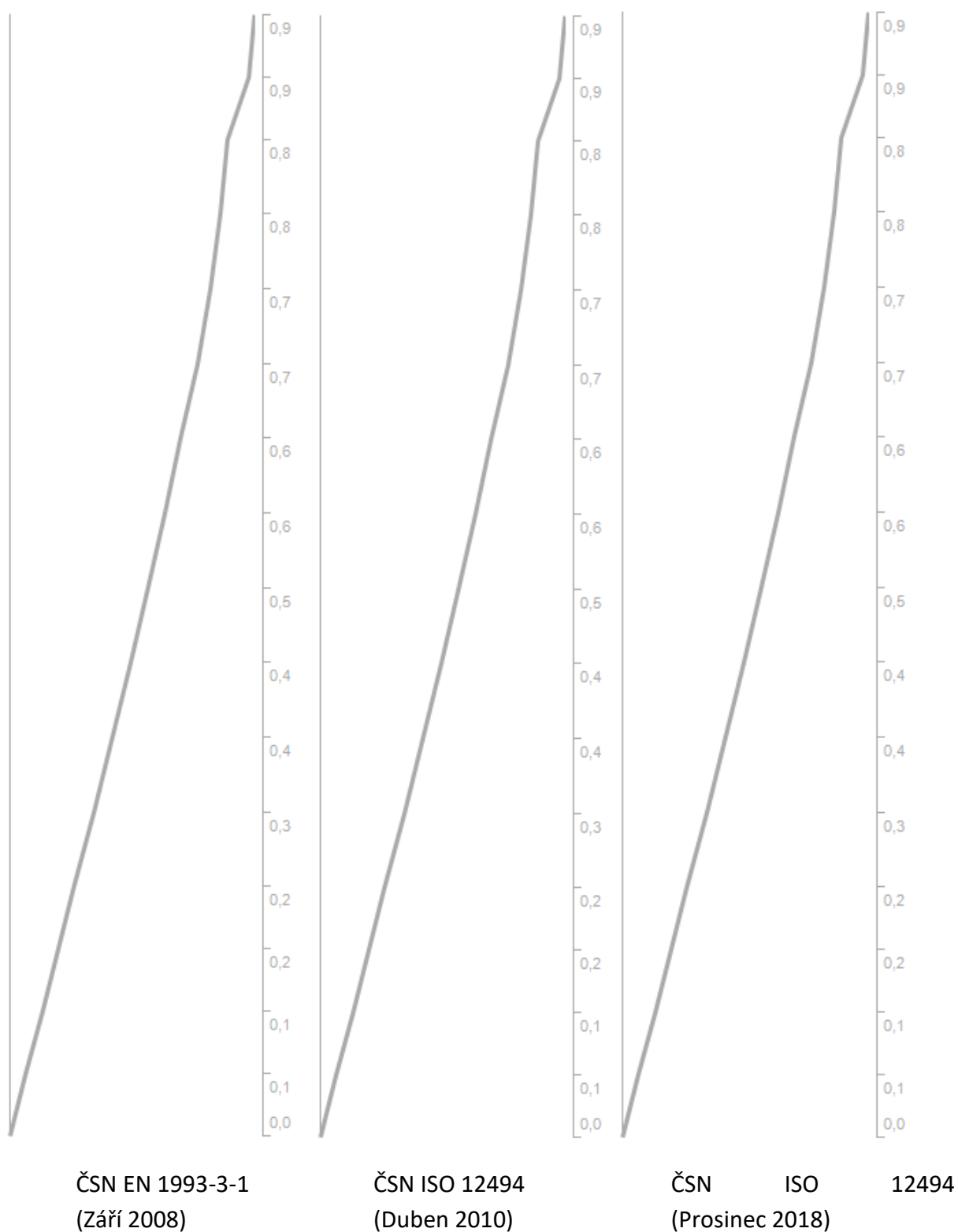
### 1) Pouze vítr:

- *Průběh ohybového momentu [kNm]:*



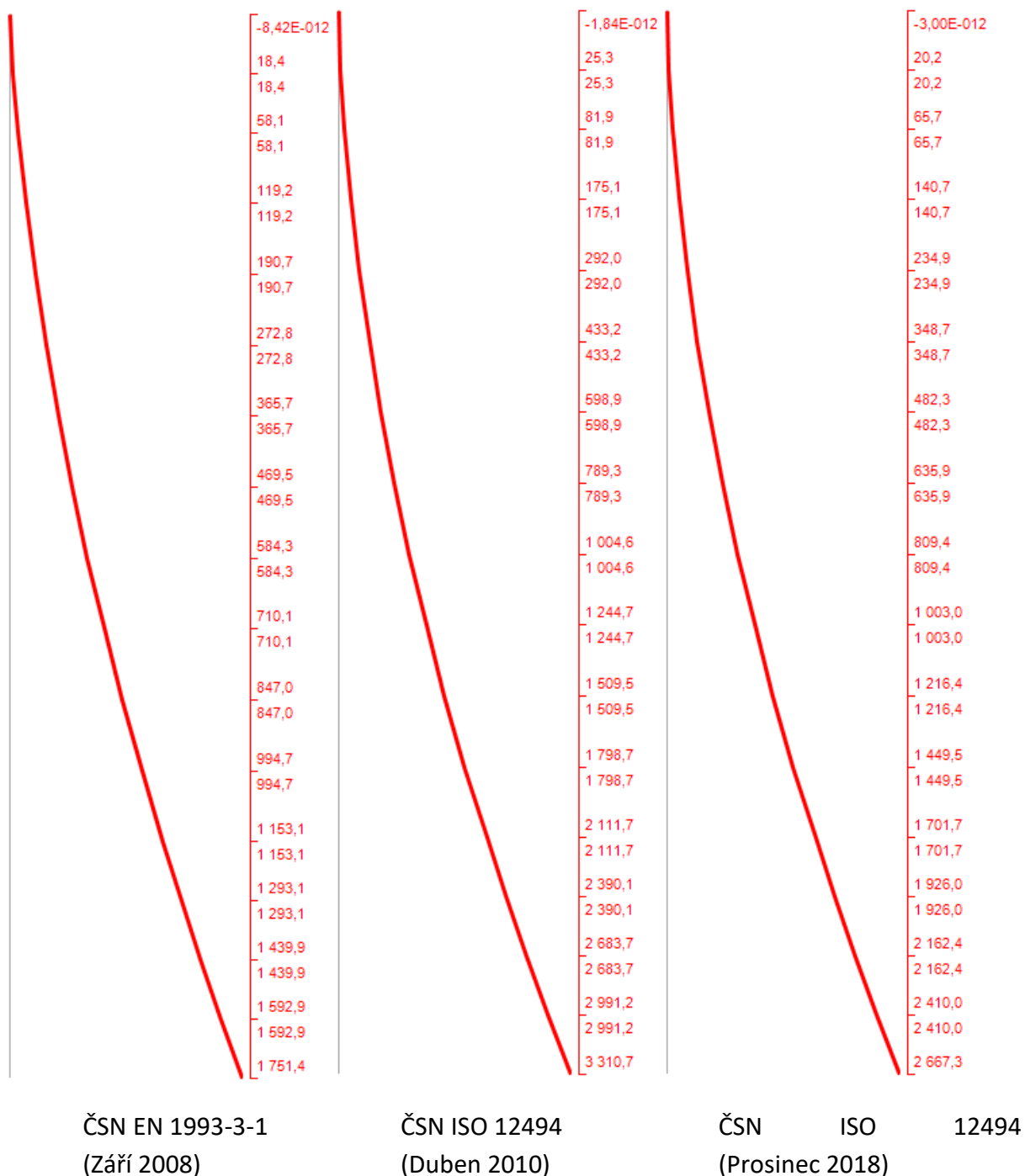


- *Pootočení ve vrcholu [°]:*

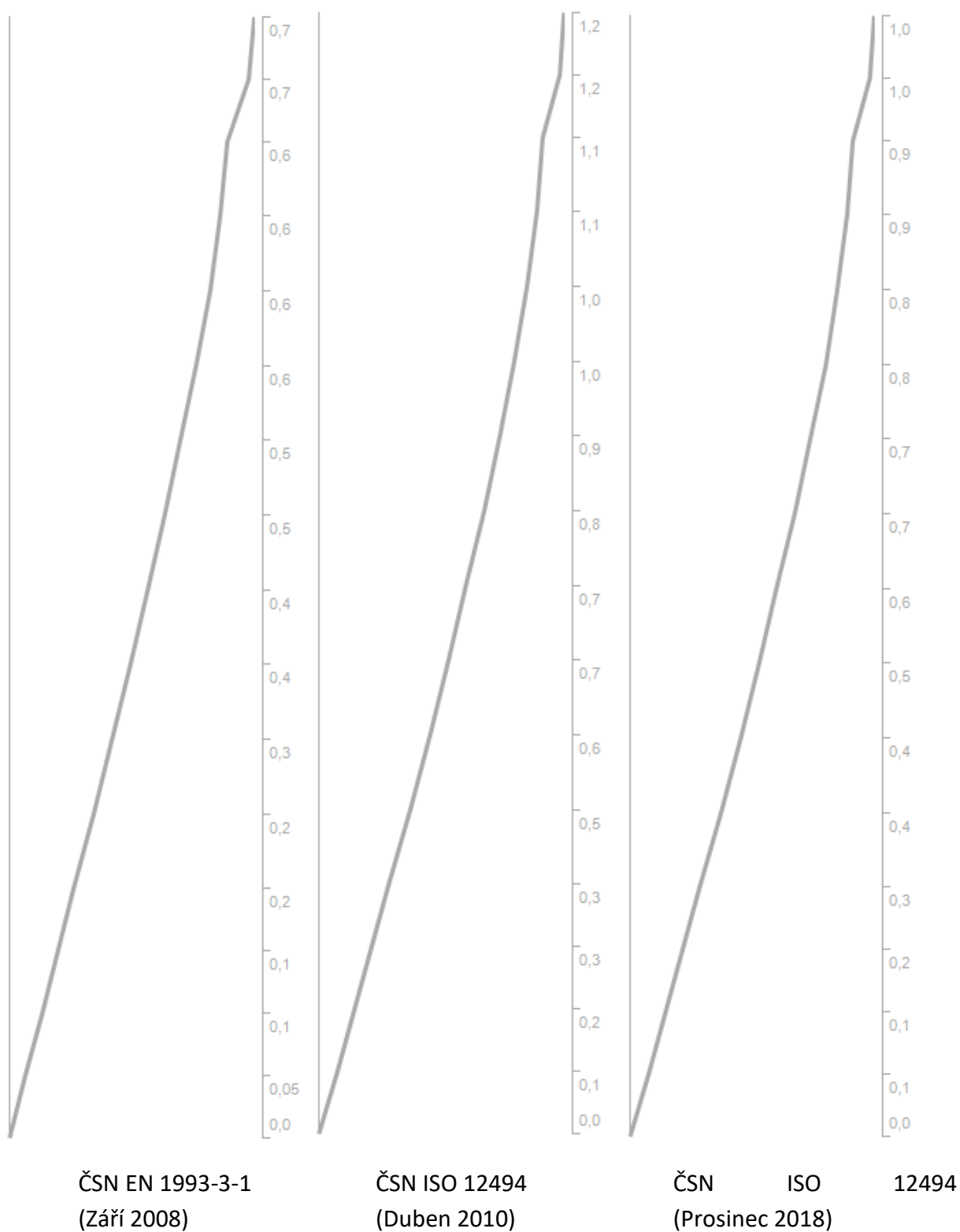


## 2) Dominantní vítr + příslušná námraza:

- *Průběh ohybového momentu [kNm]:*

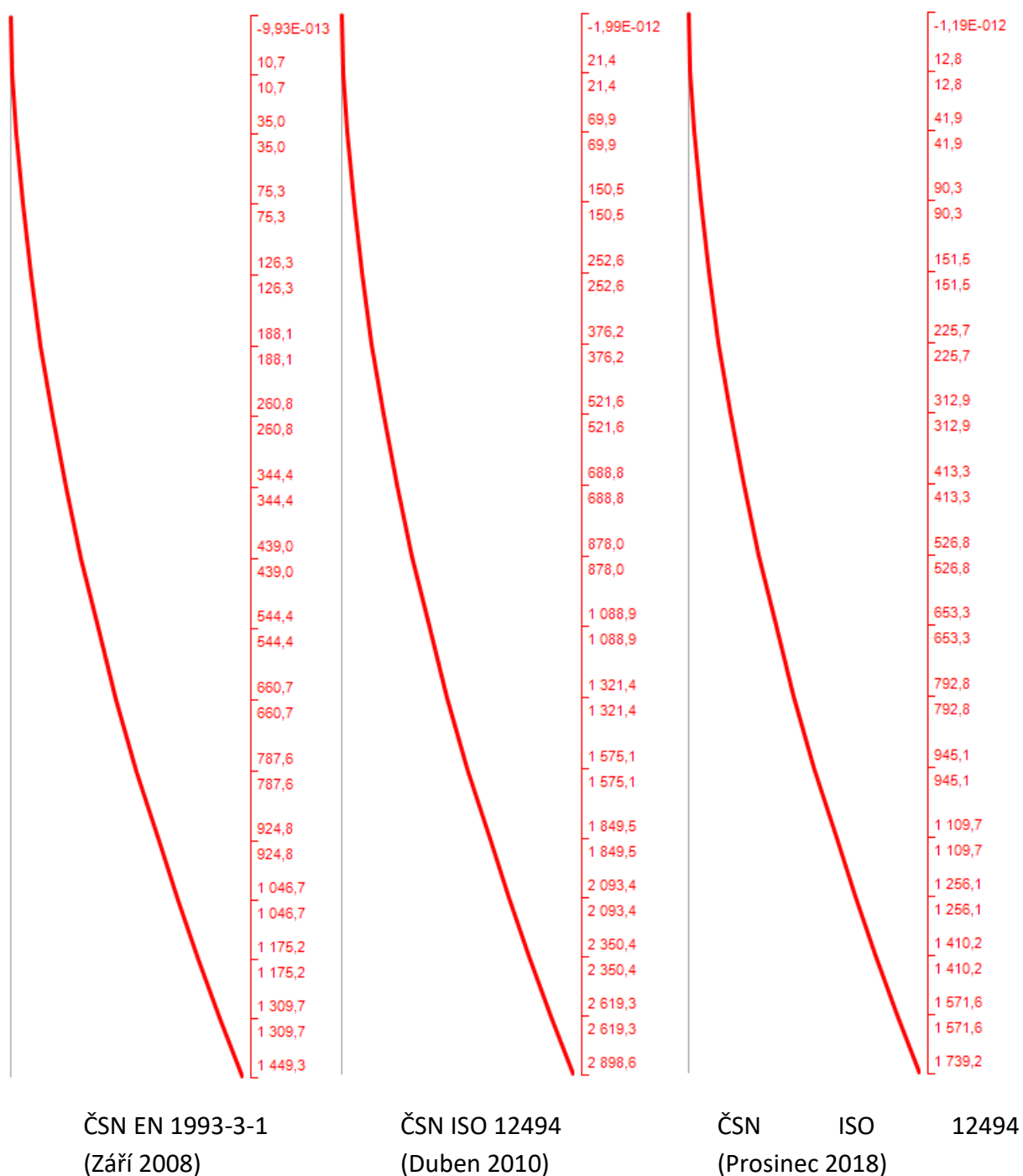


- *Pootočení ve vrcholu [°]:*

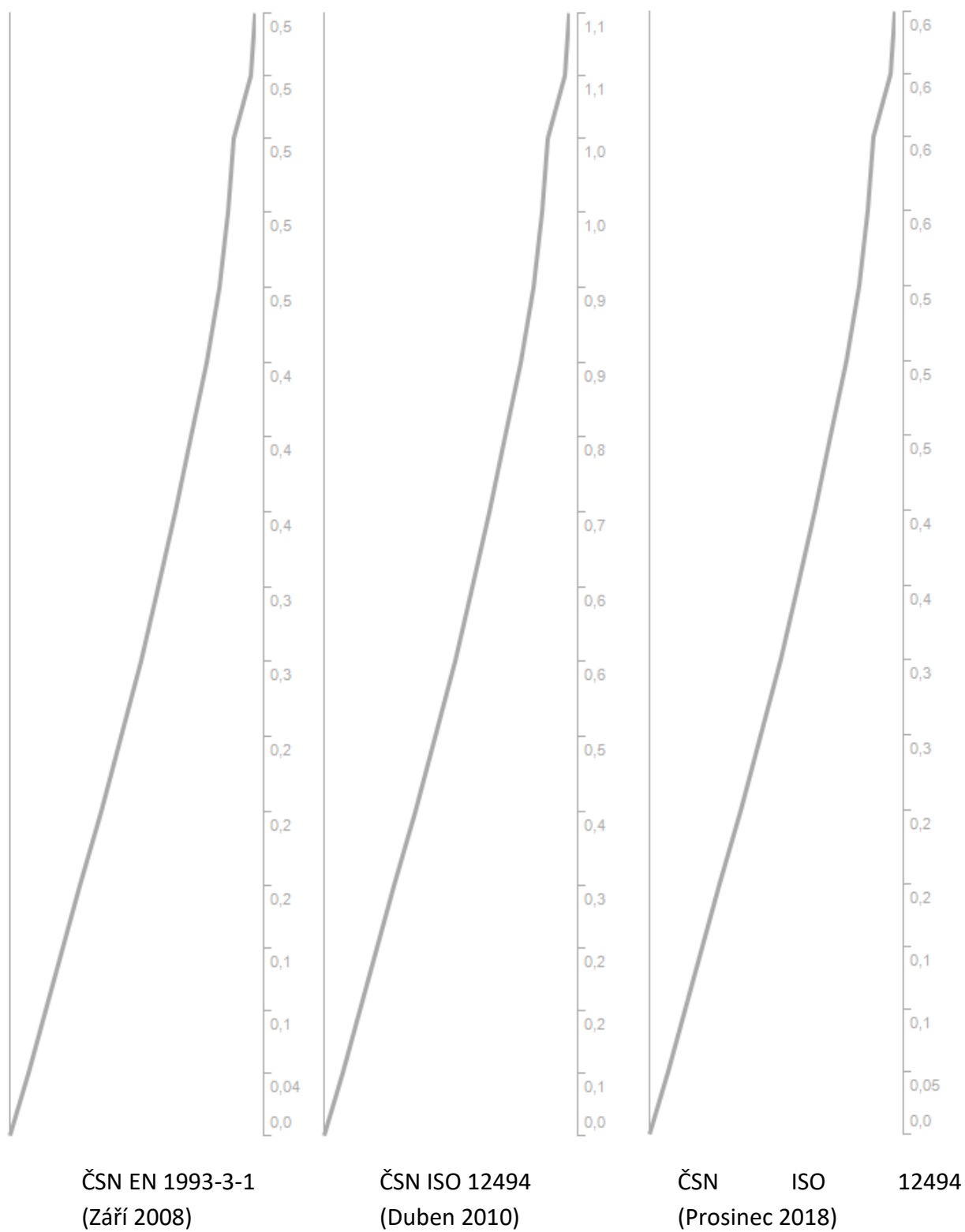


## 3) Dominantní námraza + příslušný vítr:

- *Průběh ohybového momentu [kNm]:*



- *Pootočení ve vrcholu [°]:*



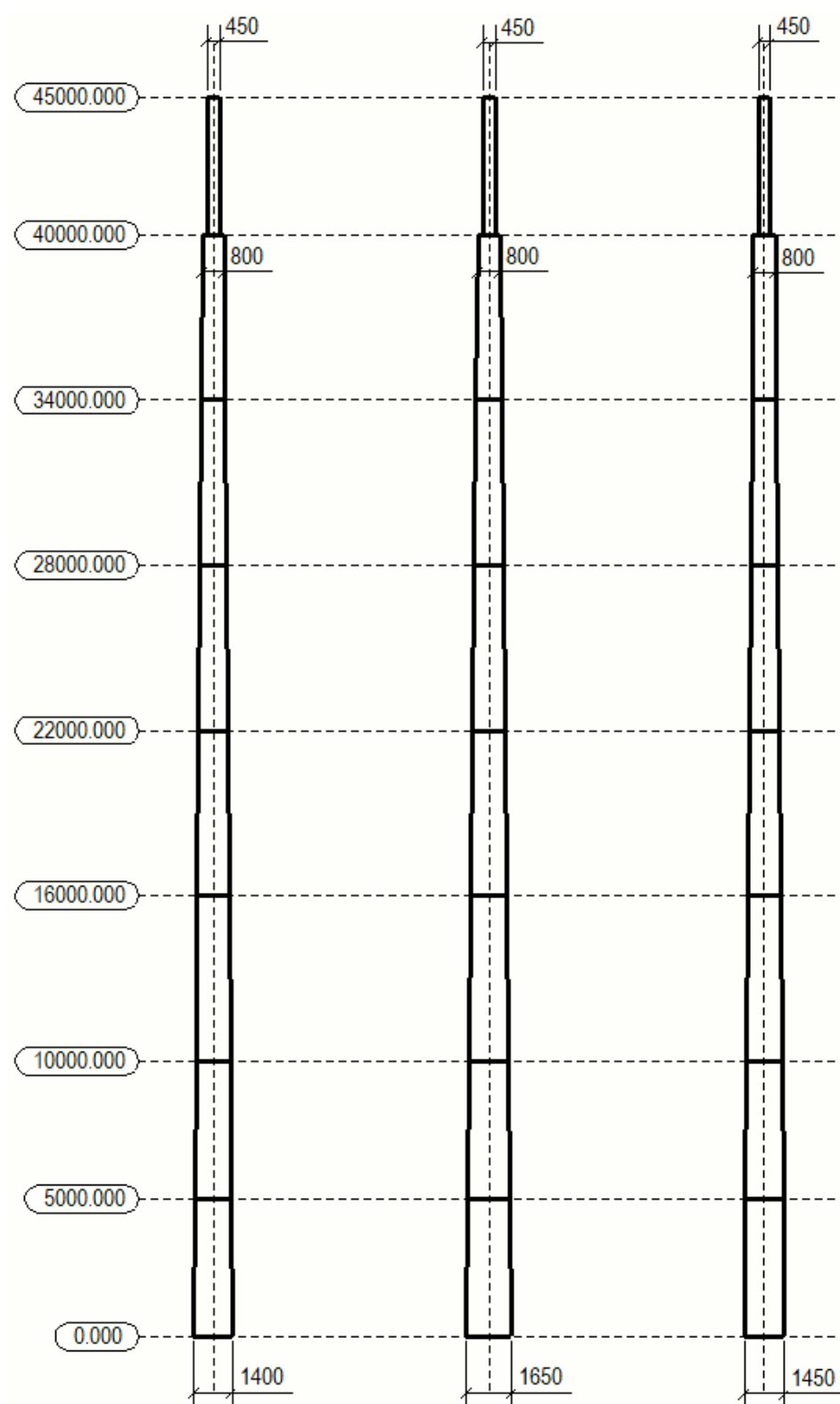
## 4) Souhrnná tabulka

Označení normy	ČSN EN 1993-3-1		ČSN ISO 12494		ČSN ISO 12494	
Měsíc vydání	Září 2008		Duben 2010		Prosinec 2018	
	Ohybový moment	Pootočení ve vrcholu	Ohybový moment	Pootočení ve vrcholu	Ohybový moment	Pootočení ve vrcholu
	[kNm]	[°]	[kNm]	[°]	[kNm]	[°]
Pouze vítr	2218	0.93	2218	0.93	2218	0.93
Dominantní vítr + příslušná námraza	1751	0.73	3311	1.25	2667	1.01
Dominantní námraza + příslušný vítr	1449	0.55	2899	1.10	1739	0.66



Konstrukce s upravenými rozměry základny:

Schémata konstrukcí:



ČSN EN 1993-3-1  
(Září 2008)

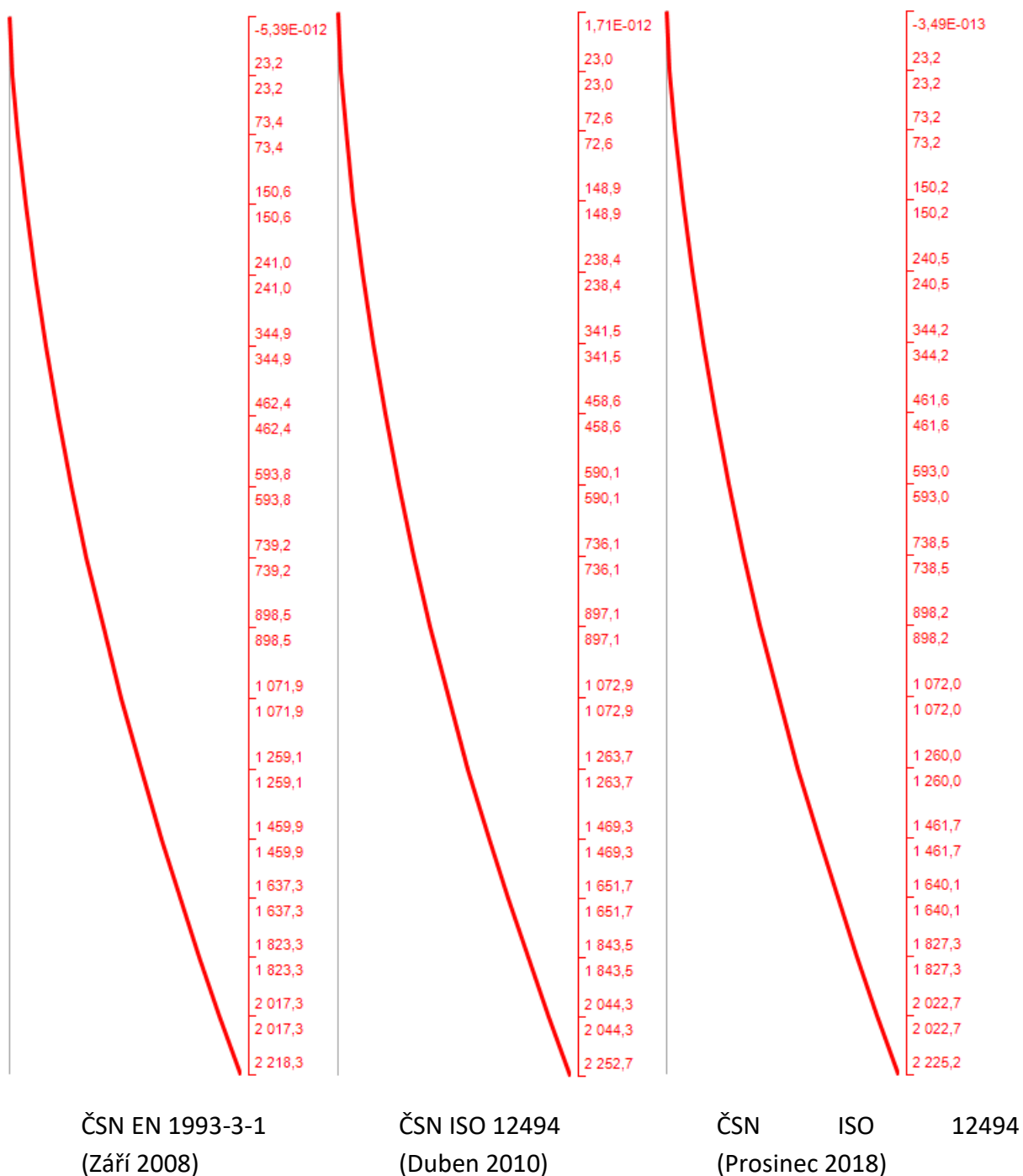
ČSN ISO 12494  
(Duben 2010)

ČSN ISO  
(Prosinec 2018)

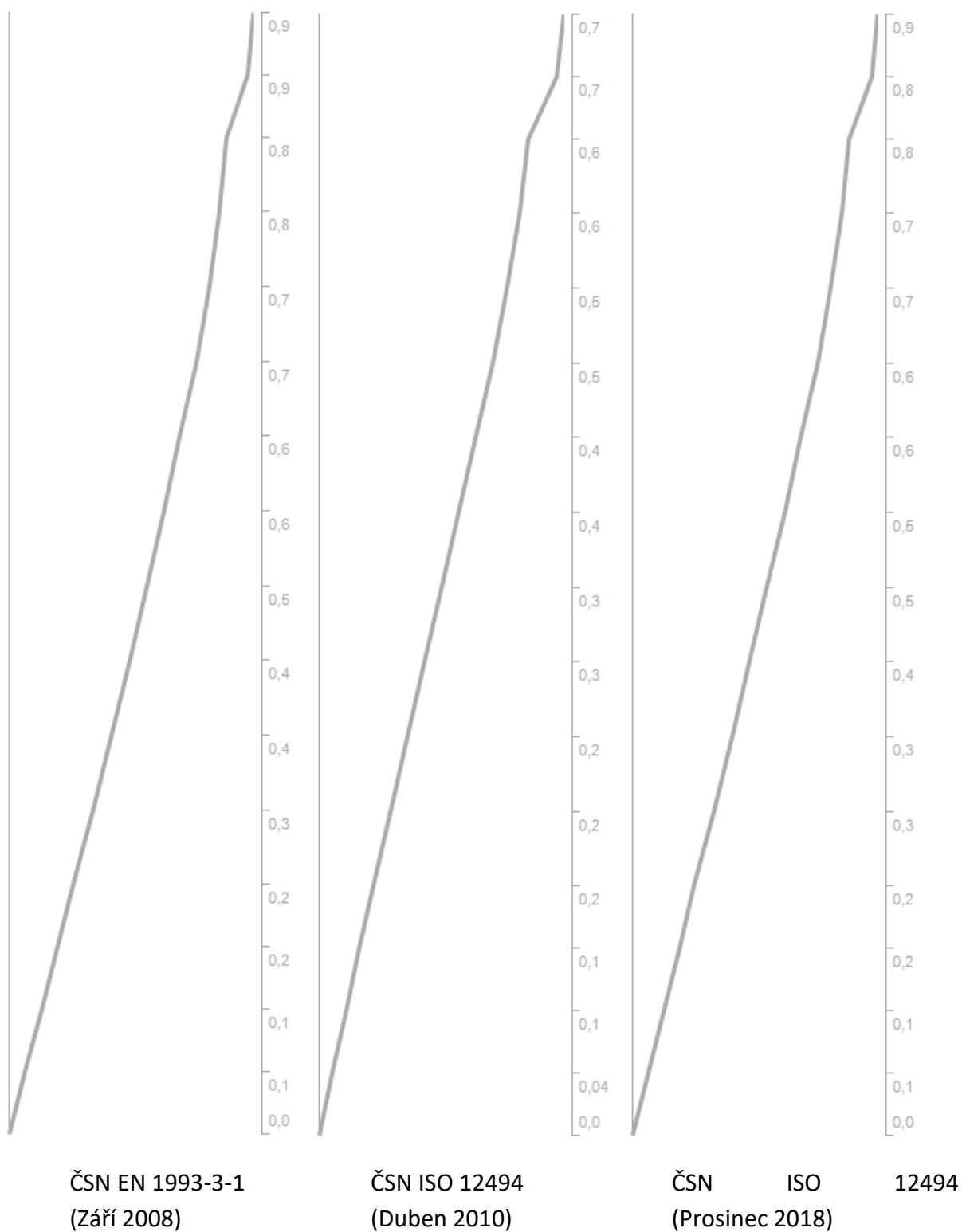
12494

## 1) Pouze vítr:

- *Průběh ohybového momentu [kNm]:*

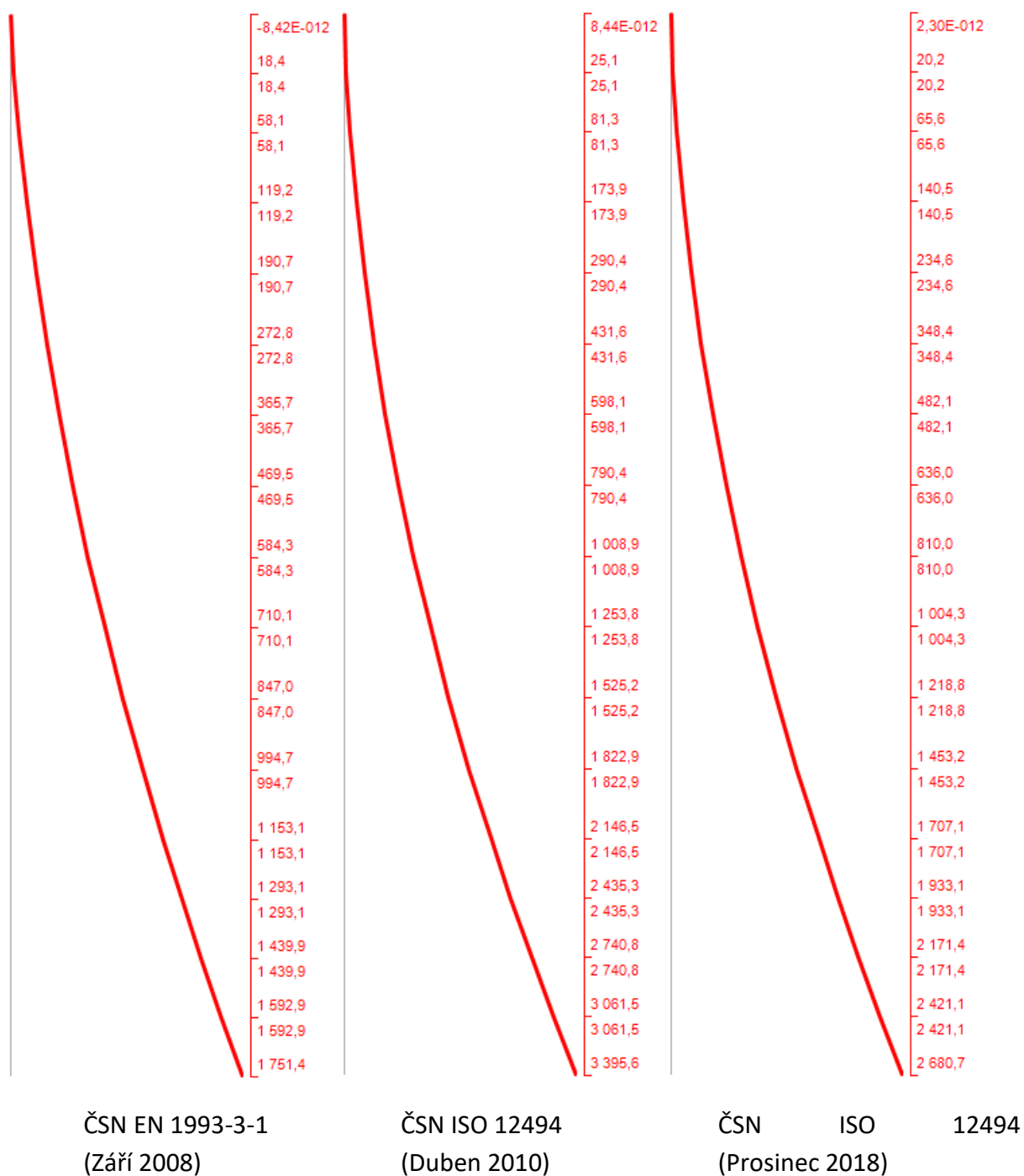


- *Pootočení ve vrcholu [°]:*

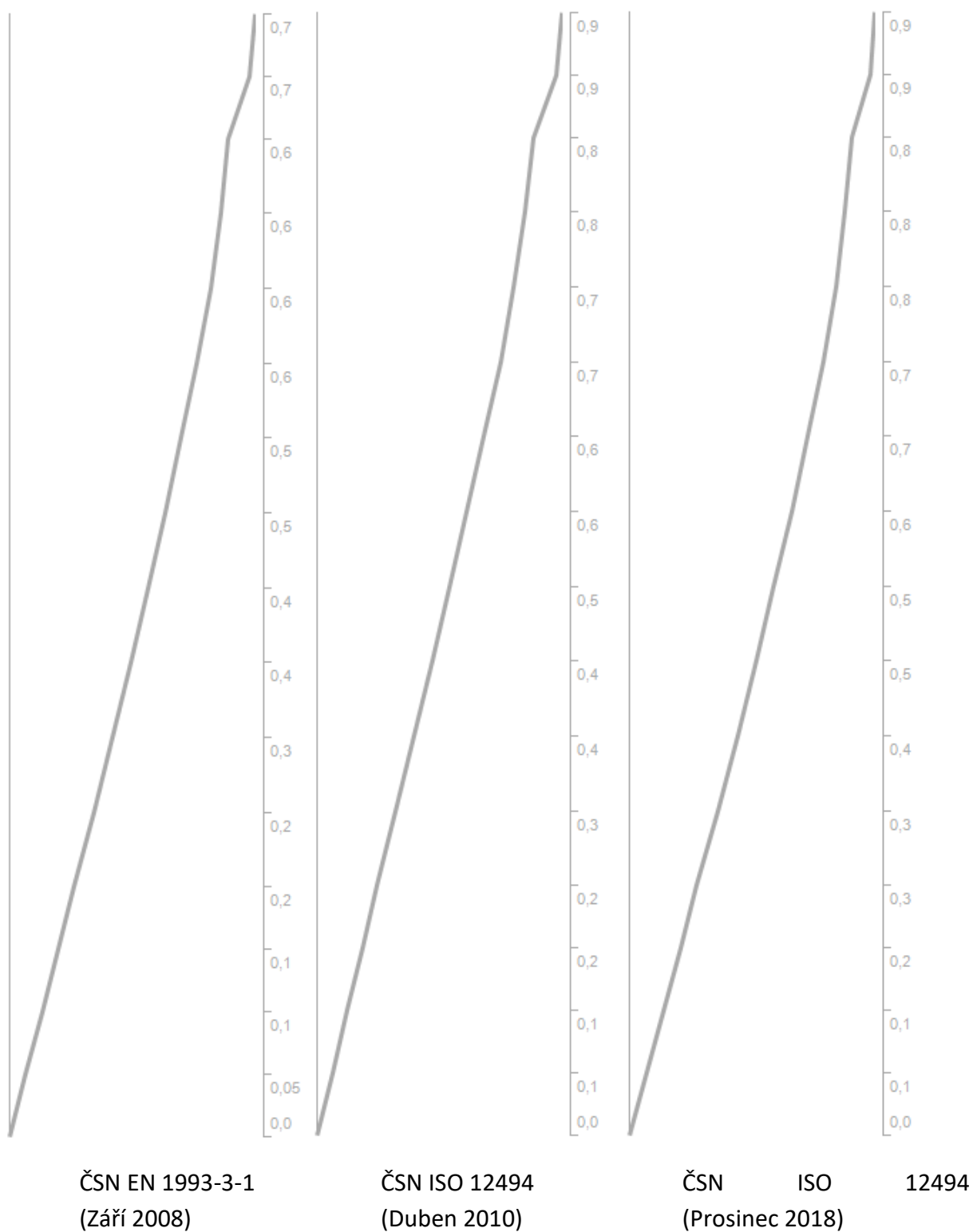


## 2) Dominantní vítr + příslušná námraza:

- *Průběh ohybového momentu [kNm]:*

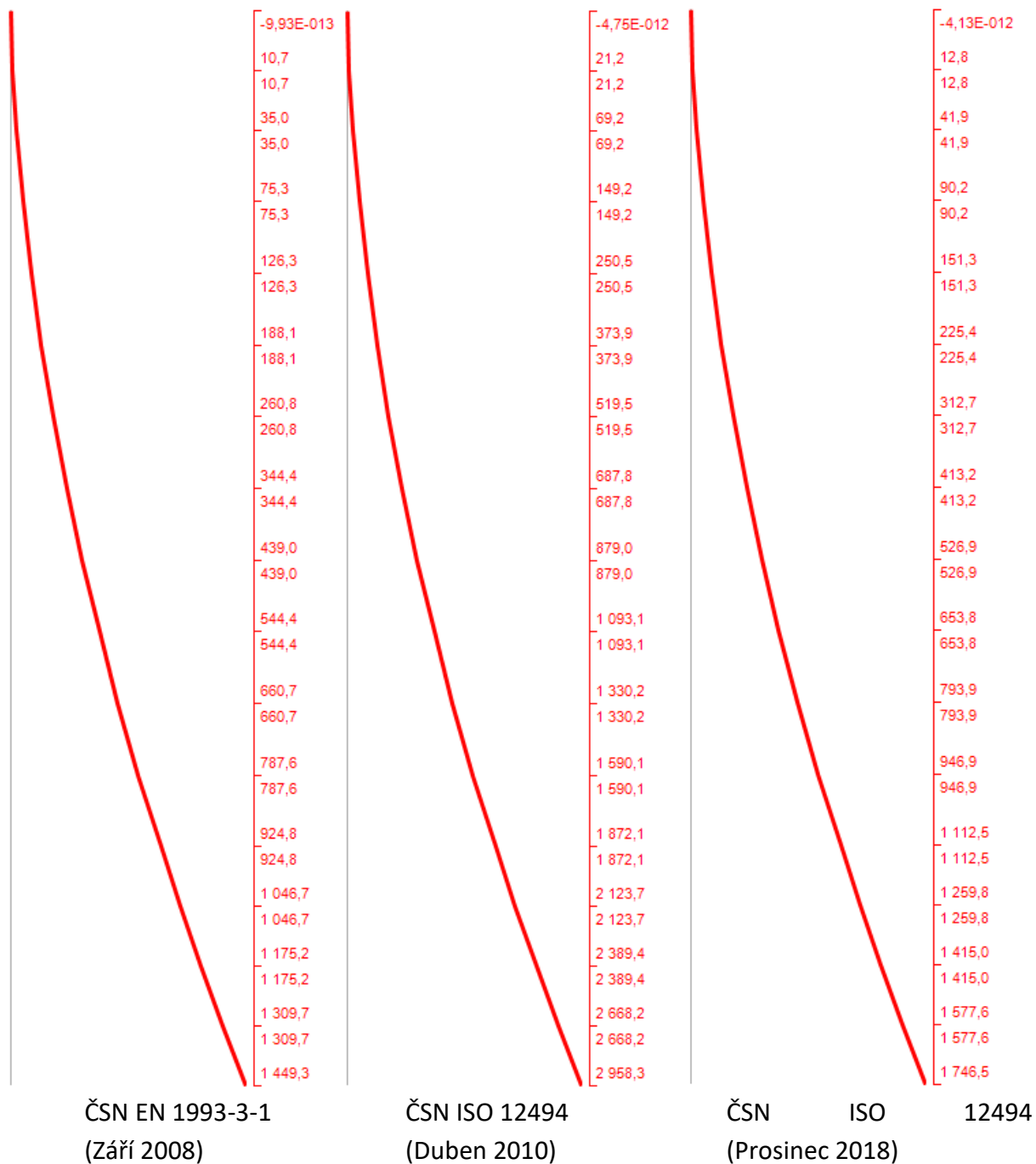


- *Pootočení ve vrcholu [°]:*



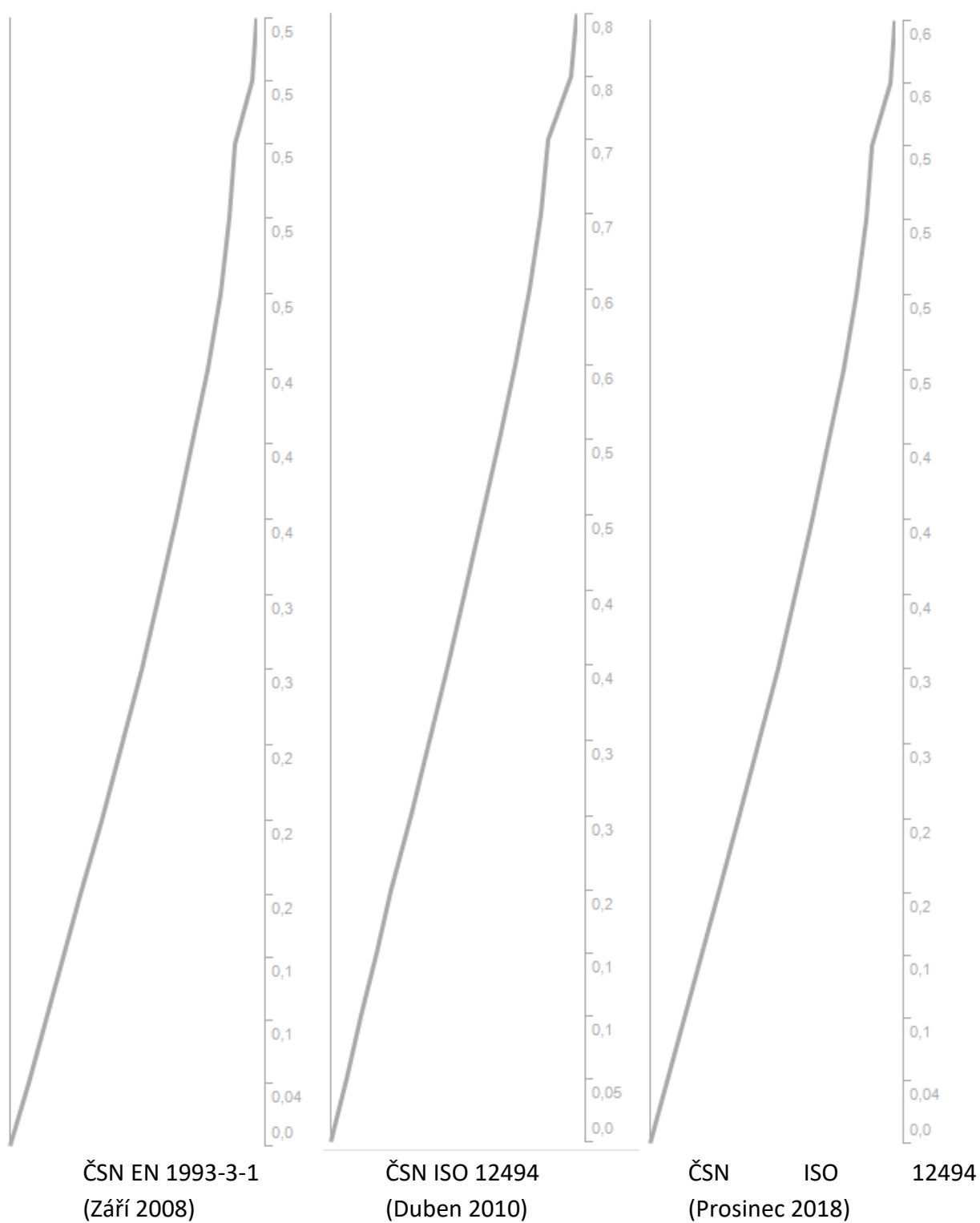
## 3) Dominantní námraza + příslušný vítr:

- *Průběh ohybového momentu [kNm]:*





- *Pootočení ve vrcholu [°]:*



## 4) Souhrnná tabulka

Označení normy	ČSN EN 1993-3-1		ČSN ISO 12494		ČSN ISO 12494	
Měsíc vydání	Září 2008		Duben 2010		Prosinec 2018	
	Ohybový moment	Pootočení ve vrcholu	Ohybový moment	Pootočení ve vrcholu	Ohybový moment	Pootočení ve vrcholu
	[kNm]	[°]	[kNm]	[°]	[kNm]	[°]
Pouze vítr	2218	0.93	2253	0.69	2225	0.87
Dominantní vítr + příslušná námraza	1751	0.73	3396	0.93	2681	0.94
Dominantní námraza + příslušný vítr	1449	0.55	2958	0.81	1747	0.62

## Závěr:

Výpočty prokázaly, že jednotlivé kombinační metody se od sebe razantně liší.

Posouzení podle ČSN EN 1993-3-1 udává největší natočení ve vrcholu při zatížení samotným větrem, nikoli v kombinaci s námrazou. Při dominantním zatížení námrazou je zatížení větrem redukováno natolik, že se námraza není schopna dostatečně projevit. Dle mého názoru je to způsobeno tím, že rourový stožár není dostatečně členitý a nedává tak námraze prostor vzniknout ve větším měřítku. Pokud by se jednalo o stožár příhradový, výsledky by se dle mého názoru značně lišily.

Kombinační metody obsažené v ČSN ISO 12494 jsou o něco přísnější. V obou verzích je rozhodující kombinace pro dominantní vítr a k němu příslušnou námrazu. Ve vydání z roku 2010, kdy je působení námrazy redukováno na 40 %, působí vítr v plné síle. Z tohoto důvodu se jedná o nejstriktnější z posuzovaných metod.

Verze z roku 2018 redukuje vítr na 80 % a námrazu na 50 %. Jak můžeme vidět, použití této kombinace je mnohem shovívavější.

## Shrnutí výsledků:

*Konstrukce s původními rozměry:*

Označení normy	ČSN EN 1993-3-1		ČSN ISO 12494		ČSN ISO 12494	
Měsíc vydání	Září 2008		Duben 2010		Prosinec 2018	
	Ohybový moment	Pootočení ve vrcholu	Ohybový moment	Pootočení ve vrcholu	Ohybový moment	Pootočení ve vrcholu
	[kNm]	[°]	[kNm]	[°]	[kNm]	[°]
Pouze vítr	2218	0.93	2218	0.93	2218	0.93
Dominantní vítr + příslušná námraza	1751	0.73	3311	1.25	2667	1.01
Dominantní námraza + příslušný vítr	1449	0.55	2899	1.10	1739	0.66

*Konstrukce s upraveným rozměrem základny:*

Označení normy	ČSN EN 1993-3-1		ČSN ISO 12494		ČSN ISO 12494	
Měsíc vydání	Září 2008		Duben 2010		Prosinec 2018	
	Ohybový moment	Pootočení ve vrcholu	Ohybový moment	Pootočení ve vrcholu	Ohybový moment	Pootočení ve vrcholu
	[kNm]	[°]	[kNm]	[°]	[kNm]	[°]
Pouze vítr	2218	0.93	2253	0.69	2225	0.87
Dominantní vítr + příslušná námraza	1751	0.73	3396	0.93	2681	0.94
Dominantní námraza + příslušný vítr	1449	0.55	2958	0.81	1747	0.62
Průměr základny [mm]	1400		1650		1450	
Hmotnost konstrukce [kg]	19040		21302		19496	

*Srovnání pootočení ve vrcholu pro různé třídy námrazy:*

třída	ČSN EN 1993-3-1			ČSN ISO 12494 (2018)		
	Pouze vítr	Dominantní vítr + příslušná námraza	Dominantní námraza + příslušný vítr	Pouze vítr	Dominantní vítr + příslušná námraza	Dominantní námraza + příslušný vítr
R1	0.93	0.35	0.19	0.93	0.37	0.23
R2	0.93	0.4	0.23	0.93	0.44	0.27
R3	0.93	0.45	0.26	0.93	0.51	0.32
R4	0.93	0.5	0.31	0.93	0.59	0.37
R5	0.93	0.54	0.35	0.93	0.67	0.42
R6	0.93	0.64	0.44	0.93	0.83	0.53
R7	0.93	0.73	0.55	0.93	1.01	0.66
R8	0.93	0.83	0.69	0.93	1.23	0.82
R9	0.93	0.93	0.87	0.93	1.5	1.05

## Literatura použita pro zpracování diplomové práce:

ČSN ISO 12494 (73 0035) – Zatížení konstrukcí námrazou (Duben 2010)

ČSN ISO 12494 (73 0034) – Zatížení konstrukcí námrazou (Prosinec 2018)

ČSN 73 0034 – Doplnující pokyny k zatížení konstrukcí námrazou (Prosinec 2018)

ČSN EN 1993-3-1 (73 1431) – Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 3-1: Stožáry a komíny – Stožáry (Září 2008)

ČSN EN 1993-3-2 (73 1432) – Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 3-2: Stožáry a komíny – Komíny (Září 2008)

ČSN EN 1990 ed.2 (73 0002) – Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí (Květen 2015)

ČSN EN 1991-1-4 ed.2 (73 0035) – Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem (Duben 2013)

ČSN EN 1991-1-4 ed.2 (73 0035) – Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem (Červen 2013)

ČSN EN 1993-1-9 ed.2 (73 1401) – Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-9: Únava

ČSN EN 1993-1-8 ed.2 (73 1401) – Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků

Kozák, J: Ocelové stožáry, SNTL 1966

## Použitý software pro zpracování diplomové práce:

EXMACT 3.90, 2017

Tekla Structures 20.0, 2014

IDEA StatiCa 10.0.24, 2019

Microsoft Excel, 2016